

II International Scientific-Practical Conference

*The development of
innovation in Engineering,
Physical and
Mathematical Sciences*

**Book of
abstracts**

13-15 September 2018

Mykolayiv, Ukraine

Міністерство освіти і науки України
Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Інститут механіки імені С. П. Тимошенка НАНУ
Інститут хімії високомолекулярних сполук НАНУ
Інститут технічної теплофізики НАНУ
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова

II Міжнародна науково-практична конференція

*Розвиток інноваційної діяльності
в галузі технічних і фізико-
математичних наук*

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

13 – 15 вересня 2018 р.

Миколаїв

| | |
|---|-----------|
| Кривцов В.В. Хімічний аналіз бурштинових біополімерних смол методами ІЧ-спектроскопії..... | 68 |
| Леонова Н.Г., Жильцова С.В. Захисні властивості епоксидно-полісилоксанових нанокompозитів, отриманих золь-гель методом при різному способі формування полімерної матриці..... | 70 |
| Стрюцкий А.В., Собко О.А., Гуменная М.А., Клименко Н.С., Кравченко А.В., Кравченко В.В., Шевчук А.В., Шевченко В.В. Протонные кислотнo-основные полимеры гиперразветвленного строения и органо-неорганические протонообменные мембраны на их основе..... | 73 |
| TOPICAL SECTION 3. MODELS AND METHODS OF ANALYSIS..... | 77 |
| Zelenskiy O., Darmosiuk V., Dutchak P., Zegelman M. Game Nim with "special" move..... | 78 |
| Будак В.Д., Підгурський М.І., Рудяк Ю.А., Павленко О.О. Аналіз вільних коливань пологих оболонок із композитів..... | 81 |
| Григоренко А.Я., Лось В.В., Маланчук В.А., Тормахов Н.Н. Функциональные нагрузки на дентальные имплантаты..... | 82 |
| Григоренко А.Я., Тормахов Н.Н. Моделирование процессов перемещения зубов при ортодонтическом лечении..... | 85 |
| Григоренко О.Я., Овчаренко А.В., Пархоменко О.Ю. Розв'язання задач про вільні коливання шаруватих ортотропних пологих оболонок з різними параметрами ортотропії в уточненій постановці..... | 87 |
| Євфимко К.Д., Мочалов О.О. Математичне моделювання фізичних процесів в мікроструктурах..... | 88 |
| Жук Я., Круць С. Врахування деформацій зсуву в задачі про резонансні коливання і дисипативний розігрів гнучкої в'язкопружної кільцевої пластини з п'єзошарами..... | 91 |
| Завгородній А.В., Карнаухов В.Г. Резонансные колебания и диссипативный разогрев толстостенной цилиндрической панели с зависящими от температуры свойствами..... | 92 |
| Завгородній А.В. Термомеханічна поведінка товстої тришарової циліндричної панелі..... | 94 |
| Завгородній А.В., Землемєров В.М. Безпека хмарних технологій..... | 95 |
| Карнаухов В.Г., Козлов В.И, Сичко В.М., Карнаухова Т.В. Параметрические колебания шарнирно опертой пьезоэлектрической цилиндрической панели..... | 97 |
| Мольченко Л.В., Овчаренко А.В., Васильєва Л.Я. Деформація гнучких оболонок обертання змінної жорсткості в нестационарному магнітному полі.. | 98 |
| Мольченко Л.В., Будак В.Д., Васильєва Л.Я., Bian Yu-Hong. Термомагнітнопружне деформування гнучкої ортотропної конічної оболонки з урахуванням ортотропної електропровідності та Джоулевого тепла..... | 102 |

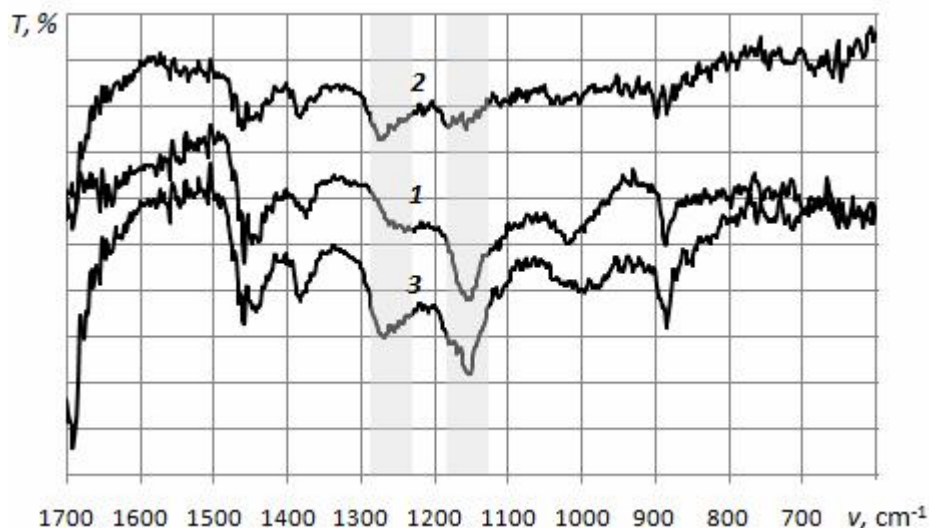


Рис.2. ІЧ-спектри рівненських бурштинів з «балтійським плечем» (1) та без нього (2, 3)

Список використаної літератури:

1. Kosmowska-Ceranowicz B. Succinite and some other fossil resins in Poland and Europe (deposits, finds, features and differences in IRS) / B.Kosmowska-Ceranowicz // Est. Mils. Cienc. Nat.de Alava. – 1999. – № 14. – P. 73–117.
2. Беліченко О.П. Дослідження бурштину методом інфрачервоної спектроскопії / О.П.Беліченко, Ю.Д. Гаєвський // Коштовне та декоративне каміння. – 2012. – №4 (70). – С. 12-16.

ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНО-ПОЛІСИЛОКСАНОВИХ НАНОКОМПОЗИТІВ, ОТРИМАНИХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ ПРИ РІЗНОМУ СПОСОБІ ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ МАТРИЦІ

Н.Г. Леонова, С.В. Жильцова

*Донецький національний університет імені Василя Стуса,
вул. 600-річчя, 21, 21021, Вінниця, Україна*

У даний час при створенні антикорозійних покриттів для алюмінієвих сплавів, що застосовуються в корабле-, авіа- і машинобудуванні, особливу увагу приділяють органо-неорганічним композитам, отриманим золь-гель методом. Епоксидно-полісилоксанові композити можуть ефективно застосовуватися як захисні покриття для металевих сплавів і для поверхонь різної природи. Раніше нами було встановлено, що захисні властивості композитних покриттів катіонної полімеризації, одержаних при кімнатній температурі на поверхні алюмінієвого сплаву Д16, залежать від вмісту наповнювача. Найбільше значення антикорозійного опору виявляють композити з концентрацією полісилоксанової складової 1,0–1,5 мас.%. При

цьому ефективність антикорозійного захисту алюмінієвого сплаву покриттями становить 36,9–74,9 %. Одним із способів підвищення антикорозійного захисту поверхні металевого сплаву може бути формування подібних композитних покриттів із застосуванням гарячого тверднення епоксидної складової, тому метою даної роботи був синтез епоксидно-полісилоксанових композитів, одержаних при одержанні полісилоксанової складової *in situ* золь-гель методом при різних способах формування епоксидної складової з ефективністю антикорозійного захисту алюмінієвого сплаву Д16 більше 90 %.

Немодифіковані епоксидні полімери отримували двома способами: 1) катіонною полімеризацією дигліцидилового етеру дициклогексилпропану (EPONEX 1510) в присутності комплексу трифториду бору з бензиламіном (УП-605/3р) в кількості 5 % по відношенню до маси смоли, 2) ангідридним твердненням дигліцидилового етеру дициклогексилпропану з використанням *ізо*-метилтетрагідрофталевого ангідриду та амінного прискорювача 2,4,6-трис-(*N,N*-диметиламінометил)фенолу (УП-606/2), взятого в кількості 0,3 мас.% відносно смоли та ангідриду. Композиції ретельно перемішували для рівномірного розподілу компонентів суміші в об'ємі.

Епоксидно-полісилоксанові композити формували на основі золю полісилоксанових частинок (ПСЧ) та епоксидної складової. ПСЧ синтезували золь-гель методом гідролітичною поліконденсацією тетраетоксисилану (ТЕОС) у випадку катіонної полімеризації і суміші тетраетоксисилану та 3-гліцидоксипропілтриетоксисилану (ГПТЕС) у мольному співвідношенні 2:1 при ангідридному твердненні. Золі ПСЧ одержували кислотним гідролізом етоксисиланів напівстехіометричною кількістю води за відсутності епоксидної смоли (розчинник – ацетон) за кімнатної температури протягом 24 год. Через 24 год у золі вводили епоксидну смолу, ретельно перемішували суміш та вакуумували її для видалення летких компонентів у вакуумній шафі SPT–200 при залишковому тискові 0,5 кПа та при 20 °С протягом доби. Після цього в реакційну суміші вводили каталізатор полімеризації або твердник з прискорювачем та формували композиції у вигляді плівок завтовшки 200 мкм покриттів на алюмінієвій поверхні завтовшки 10 мкм. Тверднення композитів здійснювали за ступінчастим режимом: для зразків катіонної полімеризації процес тривав 2 год 100 °С + 2 год 120 °С + 2 год 140 °С + 2 год 160 °С, ангідридного тверднення – 2 год 120 °С + 4 год 160 °С + 2 год 180 °С. Вміст полісилоксанової складової становив 1,0 і 3,0 мас.% у перерахунку на SiO₂.

Формування епоксидно-полісилоксанових покриттів на алюмінієвих сплавах приводить до утворення ковалентних Si–O–Al зв'язків на міжфазній поверхні покриття/субстрат. Це суттєво підвищує адгезійну міцність і корозійну стійкість. Для синтезованих композитів проведено оцінку адгезійної міцності при ударі тонких епоксидно-полісилоксанових покриттів на поверхні алюмінієвого сплаву Д16. Встановлено, що покриття на основі немодифікованого полімеру катіонної полімеризації і ангідридного тверднення після нанесення ударів характеризуються наявністю великої кількості центричних тріщин і відшарувань, що вказує на невисоку міцність при ударі,

значення якої становлять 30 см. Наявність навіть невеликої кількості ПСЧ сприяє підвищенню стійкості покриттів при ударі: кількість тріщин і відшарувань стає меншою. Усі покриття на основі композитів катіонної полімеризації характеризуються максимальною міцністю при ударі (50 см), а композити ангідридного тверднення мають максимальну міцність при ударі лише для системи з вмістом ПСЧ 1 мас.%. Для матеріалів ангідридного тверднення з більш високим вмістом ПСЧ спостерігається поява центричних тріщин і відшарувань частини покриття. Це може бути пов'язано зі зміною ефективної густини зшивання композитів та зниження рівномірності розподілу агрегатів ПСЧ у полімерній матриці.

Визначено, що синтезовані епоксидно-полісилоксанові композити є стійкими до дії 10 % розчину NaOH – під час експозиції в лужному розчині протягом 90 діб вони втрачають лише до 2,6 % (ангідридне тверднення) і 3,5 % маси (катіонна полімеризація), а рівноважний ступінь набухання в розчинах 10 % нітратної і 20 % сульфатної кислот не перевищує 2 %. Це свідчить про те, що в агресивних середовищах не відбувається руйнування просторової сітки епоксидної складової композитів, тому покриття на їх основі можуть проявляти захисні властивості.

Для визначення антикорозійних характеристик одержаних композитів були використані покриття, нанесені на пластини алюмінієвого сплаву Д16. Потенціодинамічним методом встановлено, що досліджені покриття катіонної полімеризації і ангідридного тверднення дещо збільшують значення потенціалу корозії (E_{corr}) і суттєво підвищують значення потенціалу піттингової корозії (E_{pit}) субстрату порівняно з непокритим сплавом. Велика різниця в значеннях між E_{corr} і E_{pit} для пластин, покритих нанокompозитами, вказує на меншу сприйнятливність зразків до корозії. При цьому густина струму корозії металевого субстрату з нанесеними покриттями суттєво знижується від $1,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,9 \cdot 10^{-7}$ – $4,5 \cdot 10^{-7}$ А·см⁻² для композитів катіонної полімеризації і до $1,0 \cdot 10^{-6}$ – $5,1 \cdot 10^{-6}$ А·см⁻² для композитів ангідридного тверднення. Антикорозійний опір робочого електроду (R_{corr}) синтезованих покриттів ангідридного тверднення збільшується у 20–100 разів, а катіонної полімеризації – у 220–500 разів порівняно з алюмінієвим сплавом Д16 без покриття. При цьому для композитних покриттів із концентрацією ПСЧ 1 мас.% R_{corr} збільшується на два-три порядки. Розрахована ефективність антикорозійного захисту (η) алюмінієвого сплаву Д16 епоксидно-полісилоксановими покриттями ангідридного тверднення становить більше 94,9–99,0 %, а катіонної полімеризації – 95,5–99,8 % (табл. 1).

При цьому в обох системах найбільшу ефективність антикорозійного захисту алюмінієвого сплаву Д16 забезпечують покриття з вмістом ПСЧ 1 мас.%.

Слід зазначити, що покриття на основі синтезованих композитів забезпечують ефективний захист від корозії навіть без попередньої хімічної активації поверхні алюмінієвого сплаву Д16.

Таблиця 1. Електрохімічні характеристики епоксидно-полісилоксанових покриттів на поверхні алюмінієвого сплаву Д16

| $w(\text{SiO}_2)$, мас. % | E_{corr} , мВ | E_{pit} , мВ | I_{corr} , $\text{A}\cdot\text{cm}^{-2}$ | R_{corr} , $\text{k}\Omega\cdot\text{cm}^2$ | η , % |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|---|--|------------|
| без покриття | -660 | -660 | $1,0\cdot 10^{-4}$ | 0,25 | – |
| Композити катіонної полімеризації | | | | | |
| 1,0 | -651 | -206 | $1,9\cdot 10^{-7}$ | 125 | 99,8 |
| 3,0 | -629 | -665 | $4,5\cdot 10^{-7}$ | 55,9 | 95,5 |
| Композити ангідридного тверднення | | | | | |
| 1,0 | -650 | -420 | $1,0\cdot 10^{-6}$ | 25 | 99,0 |
| 3,0 | -660 | -570 | $5,1\cdot 10^{-6}$ | 4,9 | 94,9 |

Таким чином, синтезовані композити є стійкими до дії розчинів нітратної і сульфатної кислот, характеризуються високою міцністю при ударі та підвищеною адгезією до алюмінієвого сплаву Д16 порівняно з немодифікованим полімером. Покриття на основі епоксидно-полісилоксанових композитів катіонної полімеризації і ангідридного тверднення створюють ефективний фізичний бар'єр для корозійних агентів. Розрахована ефективність антикорозійного захисту алюмінієвого сплаву Д16 епоксидно-полісилоксановими покриттями ангідридного тверднення та катіонної полімеризації з вмістом ПСЧ 1 мас. % становить більше 99 %.

ПРОТОННЫЕ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ПОЛИМЕРЫ ГИПЕРРАЗВЕТВЛЕННОГО СТРОЕНИЯ И ОРГАНО- НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ПРОТОНООБМЕННЫЕ МЕМБРАНЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Стрюцкий А.В.¹, Собко О.А.¹, Гуменная М.А.¹, Клименко Н.С.¹,
Кравченко А.В.², Кравченко В.В.², Шевчук А.В.², Шевченко В.В.¹

¹*Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины
Харьковское шоссе, 48, 02160, Киев, striutskyi@gmail.com*

²*Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М.
Литвиненко НАН Украины*

Харьковское шоссе, 50, 02160, Киев, viktor.kravchenko@ukr.net

Топливные элементы (ТЭ) являются высокоэффективными и экологически безопасными электрохимическими источниками электрической энергии, содержащими в качестве основной составляющей мембранно-электродный блок. Роль ключевого элемента в составе последнего исполняет протонообменная полимерная мембрана (ПОМ). Наиболее применяемыми как ПОМ на сегодняшний день являются перфторированные сульфокислотные